

# EEPROM内蔵シングルチップマイクロコンピュータ

## EEPROM On-chip Single-chip Microcomputer

シングルチップマイクロコンピュータの応用拡大に伴って、データの不揮発性記憶、機器の特性ばらつきに対応した最適制御、システム組込み状態でのプログラム変更などのニーズが高まっている。これにこたえるため、電気的に書き込み消去可能なEEPROMを内蔵した8ビットシングルチップマイクロコンピュータHD65901、HD40122を開発した。

2製品とも、2 $\mu$ mCMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM回路技術、及びVLSI指向のモジュール化設計手法で設計されている。HD65901は、ICカードやデータバンクなど不揮発性データ記憶用途に、HD40122は、VTRチューナ、自動車などの制御用途に最適な応用分野指向のシングルチップマイクロコンピュータである。

松原 清\* Kiyoshi Matsubara

荒井 保\* Tamotsu Arai

木原利昌\* Toshimasa Kihara

### 1 緒 言

シングルチップマイクロコンピュータは、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、タイマ、入出力ポートなど周辺機能の一つのLSI上に集積したものである。これによりシステムの小型化、低価格化が可能になり、その応用範囲は飛躍的に広がった。シングルチップマイクロコンピュータの内蔵メモリは、従来プログラム用としてマスクROMが、データ用としてRAMが主流であった。これに対して、製品開発期間短縮の目的からユーザーサイドでプログラムの書き込みを行いたいという要求が高まり、プログラムメモリとしてEPROM (Erasable and Programmable ROM) を内蔵したものが増加する傾向にある。更に最近、新しい応用分野の広がりやシステムの高機能化に伴い、データメモリの不揮発性及びシステム組込み状態(オンボード)でのプログラミングといったニーズが出てきている。これは、従来の揮発性RAM内蔵のマイクロコンピュータでは対応できない。また、EPROM内蔵形も、書き込み時に高電圧が必要で、消去は紫外線で行なうため、動作状態での書き換えには不適である。このニーズにこたえられるのはEEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM) 内蔵マイクロコンピュータだけである。

本稿では、このEEPROM内蔵シングルチップマイクロコンピュータの応用分野、製品系列、設計技術について述べる。

### 2 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの応用分野

EEPROMはデータが不揮発性であり、電気的に書き込み消去が行なえることから、オンボードでの書き換えが可能であり、しかもバックアップ用電池が不要という特長をもつ(図1)。この特長から、EEPROM内蔵マイクロコンピュータには大別して次の三つの応用分野がある。

#### (1) 不揮発性データの記憶

データの蓄積用途であり、数キロバイト程度のデータを保持する必要がある分野である。代表例としてICカード<sup>1)</sup>やデータバンクがある。

#### (2) 機器特性の補正及び最適制御

機械及び電子機器は、その制御にマイクロコンピュータが使われることが多くなっている。一方、多くの機器はそ

項 目	EPROM	EEPROM	CMOSRAM
情報の書換え	オンボード 書換え不可	オンボード 書換え可	
情報保持		電池不要	(電池要)

注：略語説明

EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)

EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)

CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)

RAM(Random Access Memory)

図1 EEPROMの特長 EEPROMはデータが不揮発性であり、電気的に書き換えができるため、オンボードで情報の書き換えができ、しかもバックアップ用電池が不要という特長をもつ。

の構成部品の誤差により、完成時点での調整を必要とする。この調整も、従来はスイッチや可変抵抗で行なっていたが、最適制御条件をEEPROMに記憶させることによって、純電子式で行なうことが可能となる。更に、計測機器や精密機械制御の場合、経年変化に対応した補正が必要になる。マイクロコンピュータ自身で内蔵EEPROM内の制御データを書き換えることによって、この経年変化に対応したオートキャリブレーション(一種の学習機能)が可能となる点も、EEPROM内蔵マイクロコンピュータの大きな特長である。

#### (3) オンボードでのプログラム書き換え

EEPROMをプログラムメモリとして使用する応用であり、工作機械や計測機器のリモートコントロールが例として挙げられる。この場合、中央制御装置から各機器に必要なプログ

ラムを送り込み、その時点、その機器に最適の動作を行なわせることが可能となる。このようにEEPROM内蔵マイクロコンピュータは、ZTAT(Zero Turn Around Time)マイクロコンピュータ以上の柔軟なシステム設計が可能である。

### 図3 EEPROM内蔵マイクロコンピュータ

EEPROM内蔵マイクロコンピュータとしては、前記(1)、(3)項の応用分野向けのHD65901と(2)項の応用分野向けのHD40122の2品種がある。いずれも2 $\mu$ mCMOSプロセスで設計された応用分野指向の8ビットシングルチップマイクロコンピュータである。以下、2製品の概要と代表的応用例について述べる。

#### 3.1 HD65901

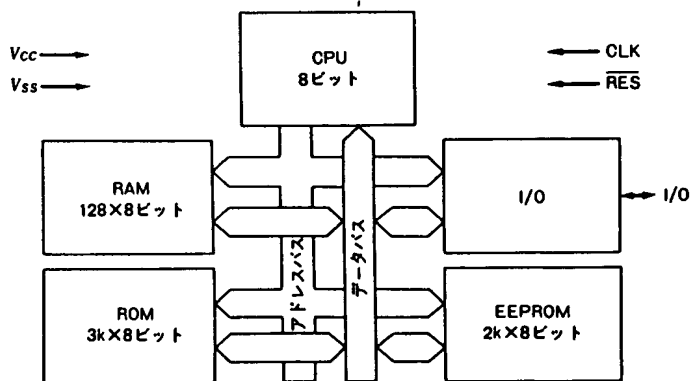
HD65901は、図2に示すようにCPU、3kバイトのROM、128バイトのRAM及び2kバイトのEEPROMを内蔵している。

CPUは、新規設計の8ビットオリジナルCPUである。命令機能を絞って単純化したRISC(Reduced Instruction Set Computer)に近いアーキテクチャを採用している。表1に示すとおり、命令はデータ処理用途指向の27種で複合命令はない。命令長は全命令2バイト固定であり、実行サイクル数も2命令を除き4サイクル(1.6 $\mu$ s)に固定している。また、データレジスタ及びアドレスレジスタとして使用可能な8ビット汎用レジスタを16本と豊富に内蔵しており、効率の良いプログラミングが可能である。

EEPROMは、2kバイトの容量をもちアドレス空間内に配置されている。また、自動消去機能付き書換え方式をとっているため、データの書換えはRAMと同様にストア命令でバイト単位に行なうことができる。ただし、書換えには約10msかかる。

表1 HD65901 CPUの仕様 CPUはRISCに近いアーキテクチャを採用した8ビットオリジナルCPUである。

項 目	仕 様
命 令 数	27種
命 令 長	2バイト
レ ジ ス タ	汎用8ビット×16本
命令実行サイクル	4サイクル(1.6 $\mu$ s)
割 込 み	なし
アドレス空間	16k(64k)バイト
動作周波数	10MHz



注：略語説明 CPU(Central Processing Unit)、I/O(Input/Output)  
ROM(Read Only Memory)

図2 HD65901ブロック図 HD65901は8ビットCPUとROM、RAM、EEPROM及びI/O装置を内蔵する。

るので、この間EEPROMへのアクセスはできなくなる。実際の応用では、一度に数十バイト程度のデータを書き換えることが多いので、HD65901の内蔵EEPROMはページ書換え機能をもっている。この機能により、32バイトを10msで書き換えることができる。内蔵EEPROMは、アドレス空間内に配置されているため、データメモリとしてだけでなく、プログラムメモリとしても使用可能である。

HD65901の代表的応用例として、図3にICカードを示す。ICカードはI/O(入出力)端子を介して、カードリーダー・ライターとシリアルでデータ及びコマンドのやり取りを行ない、内蔵EEPROMに情報を記憶する。HD65901を使用することにより、従来シングルチップマイクロコンピュータとEEPROMの2チップで構成していたICカードを1チップで実現できる。1チップ化により、機械的強度の向上、セキュリティの向上及びコスト低減が可能となる。

HD65901の他の応用例として、図4に不揮発性データバンクを示す。データが不揮発性なので、ポータブルタイプのデータバンクとして活用できる。ホストコンピュータとのインタフェースはシリアルインタフェースとなる。

#### 3.2 HD40122

HD40122は図5に示すように、CPU、2kバイトのROM、32

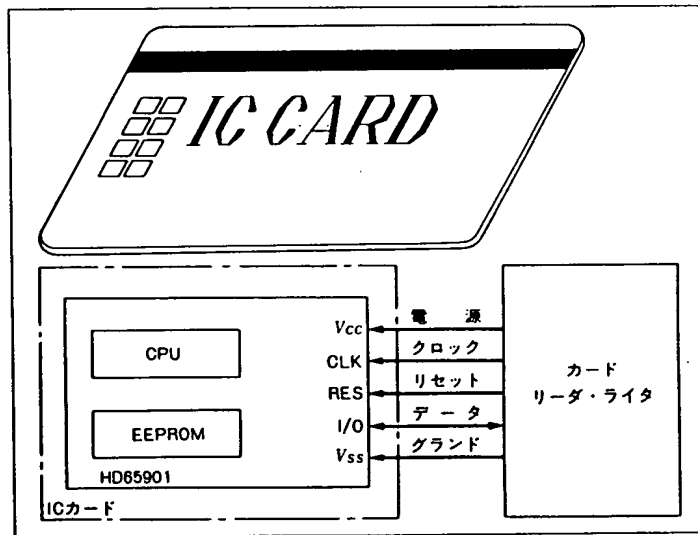


図3 HD65901の応用例(ICカード) HD65901を使うことによって、従来マイクロコンピュータとEEPROMの2チップで構成されていたICカードを1チップで実現できる。

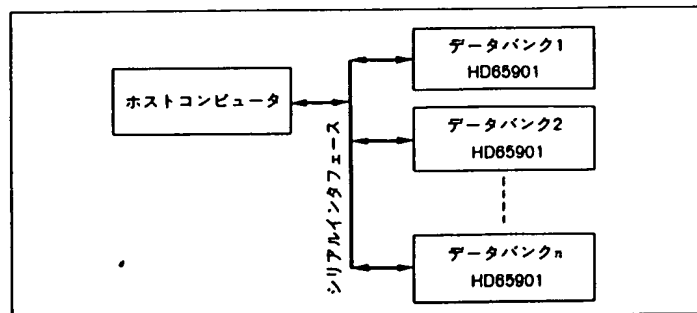


図4 HD65901の応用例(データバンク) データが不揮発性であるため、ポータブルタイプのデータバンクとして活用できる。データの入出力はシリアルで行なわれる。

バイトのRAM、256バイトのEEPROM及び各種周辺機能を内蔵している。

CPUは制御用途に適したコンパクトな8ビットCPUであり、29種の簡潔な命令体系、強力なビット処理命令を特長とする。命令長は1バイト長及び2バイト長で、最小命令実行時間は2 $\mu$ sである。

周辺機能としては、クロック同期式シリアルインタフェース、14ビットPWM(Pulse Width Modulation)方式D-A(Digital-Analog)変換器、4ビットタイマカウンタ及び20本のI/O端子を内蔵している。

EEPROMは、容量が256バイトと小さくなっているほかは、HD65901の内蔵EEPROMと同等の機能をもっている。すなわち、RAM同様のインタフェース、書き換え時間10ms、ページ(8バイト)書き換え機能などである。

HD40122の代表的応用例として、図6にVTR(Video Tape Recorder)用チューナを示す。この場合、EEPROMは選局データ、チャンネル情報などの記憶に使われる。また、D-A変換器はチューナ部の周波数制御に、シリアルインタフェースはタイマ用マイクロコンピュータとのインタフェースに使用される。

#### 4 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計技術

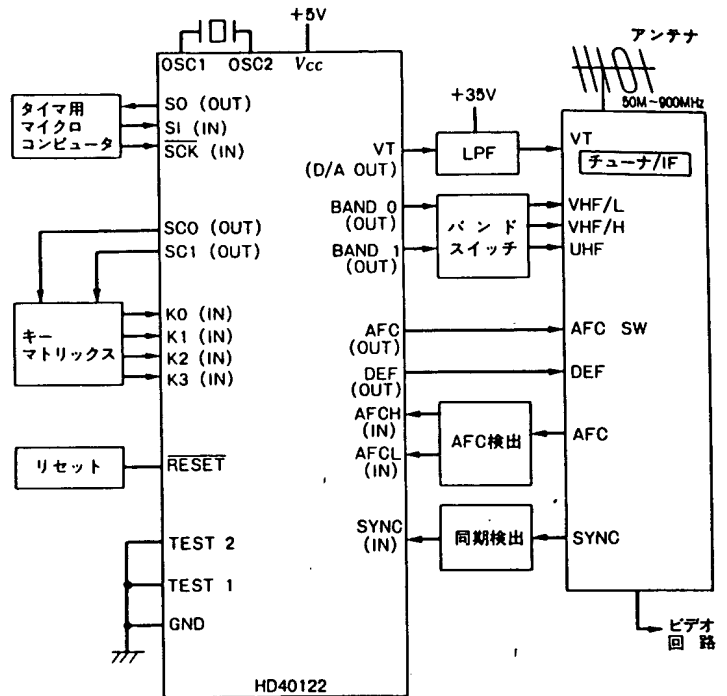
EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計基礎技術として、次の二つがある。

- (1) VLSI指向のモジュール化設計手法
- (2) EEPROM内蔵化技術

ここでは、それぞれについて、HD65901及びHD40122を例にとり概要を説明する。

##### 4.1 モジュール化設計手法

モジュール化設計手法は、VLSI特に各種機能を搭載したシングルチップマイクロコンピュータの設計に有効である。まずLSIをCPU、ROM、RAMなど、機能単位でモジュール化し、モジュール間の標準インタフェース仕様(共通バス、タイミング仕様など)を設定する。次に各モジュールをこの仕様に従って個別に設計し、最後に各モジュールを組み合わせることに

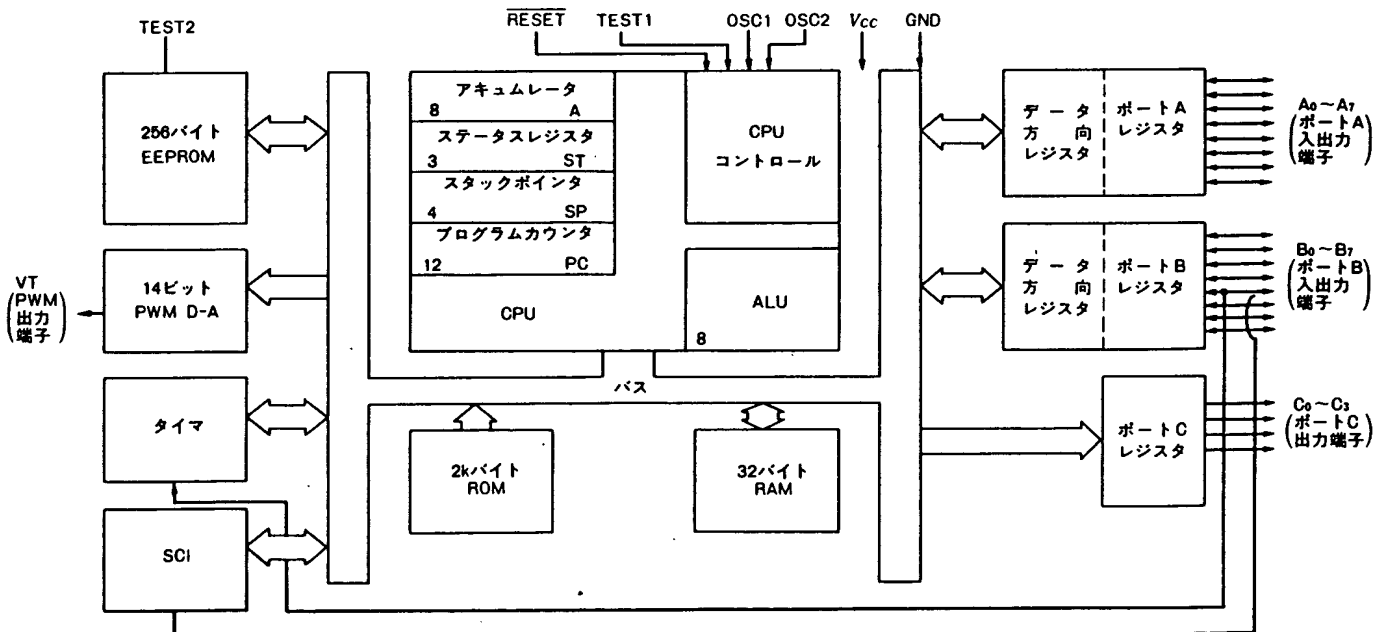


注：略語説明

LPF(Low Pass Filter), AFC(Automatic Frequency Control)

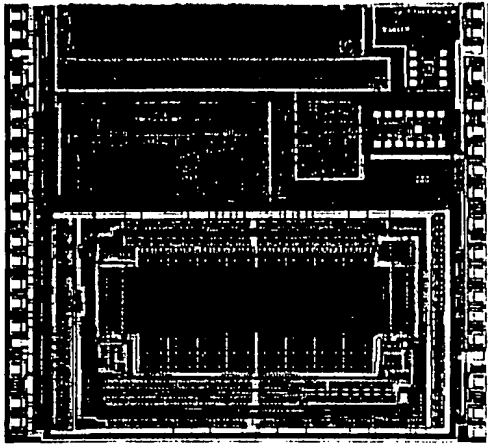
図6 HD40122の応用例(VTRチューナ) EEPROMは、選局データ、チャンネル情報などの記憶用として用いられる。

によってLSIを完成させる。この手法を採用することにより、各モジュールを並行して設計できるため、設計期間の短縮が可能となる。また、各モジュールは、インタフェースが標準化

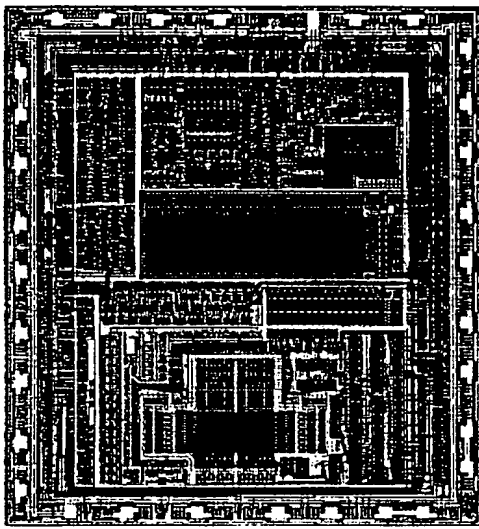


注：略語説明 ALU(Arithmetic Logic Unit), PWM(Pulse Width Modulation), SCI(Serial Communication Interface)

図5 HD40122ブロック図 HD40122は制御用途のマイクロコンピュータであり、CPU、メモリのほかに各種周辺機能を内蔵している。



HD65901



HD40122

図7 HD65901, HD40122チップ写真 2製品ともモジュール化手法で設計されている。チップサイズはHD65901が5.6mm×5.7mm, HD40122が4.24mm×5.1mmである。

され、しかも機能的に閉じているため、他の製品にもそのまま応用でき製品展開が容易になる。本手法で設計したHD65901及びHD40122のチップ写真を図7に示す。

#### 4.2 EEPROM内蔵化技術

##### (1) EEPROM技術

EEPROMには、MNOS(Metal Nitride Oxide Semiconductor)形とフローティングゲート形がある<sup>2)</sup>が、EEPROM内蔵マイクロコンピュータでは単体EEPROMで実績のあるMNOS<sup>3)</sup>形を採用した。今回の2製品は、CMOS64kビットEEPROM HN58C65と同一のメモリセル、及び回路方式を用いている。

##### (2) CPUインタフェース

使いやすさを考えて、インタフェースはRAMと同様になるようにしている。このために図8に示すように、アドレスラッチ、データラッチの内蔵、書き込み・消去シーケンス制御回路の内蔵、高圧発生回路内蔵による5V単一電源化、アドレス空間内への配置を行なっている。

##### (3) 内蔵EEPROMのテスト手法

EEPROMは、その信頼性を確保するため、複雑なテストが必要である。この目的のためにEEPROMテストモードを設けている。テストモードにすることによって外部から直接EEPROMをアクセスできるようになり、単体EEPROMと同

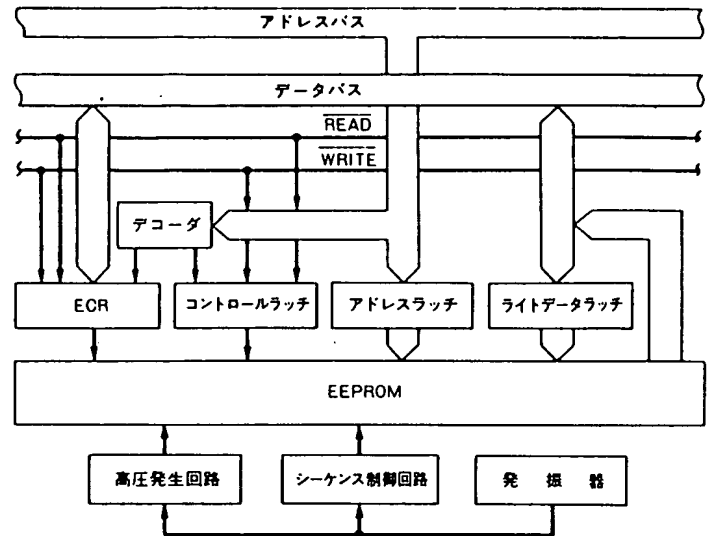


図8 EEPROMブロック図 EEPROMは使いやすさを考慮して、アドレスラッチ、データラッチ、シーケンス制御回路などを内蔵し、RAM同様のインタフェースを実現している。

等のテストが行なえる。更にHD65901の場合は、記憶データの機密保持を考慮して、このテスト経路を遮断する手段を内蔵している。

## 5 結 言

EEPROM内蔵マイクロコンピュータは、データの不揮発性と電氣的に書換えができるというEEPROMの特長を生かし、マイクロコンピュータの新しい応用分野を開くものである。主な応用として、ICカード、データバンクなどデータ記憶分野、VTRチューナ、自動車などの制御分野、リモートコントロールなどオンボードでのプログラム変更を要求される分野がある。今回開発したHD65901、HD40122は共に、2 $\mu$ m CMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM技術、VLSI指向のモジュール化設計技術に基づいており、それぞれデータ記憶分野、制御分野をねらった応用分野指向のシングルチップマイクロコンピュータである。

EEPROM内蔵化技術は、従来形のシングルチップマイクロコンピュータで対応できなかった「不揮発性」の世界へ新しい応用分野を開いてゆくためのキー技術であり、データ処理分野、制御分野いずれにも大きく発展してゆくものと考えられる。今回開発した2製品で確立した技術をベースに、今後、EEPROM容量の増大、他のマイクロコンピュータファミリへのEEPROM搭載など、EEPROM内蔵マイクロコンピュータの製品展開を進めてゆく計画である。

## 参考文献

- 1) ICカード市場へなだれ込むエレクトロニクスメーカ(上): 日経エレクトロニクス, No.383, p.275(1985-12)
- 2) 市場の拡大を見込み新規参入メーカ相次ぐ大容量EEPROM: 日経エレクトロニクス, No.380, p.127(1985-10)
- 3) Y. Yatsuda, et al.: Hi-MNOSII Technology for a 64-k bit Byte-Erasable 5V Only EEPROM, IEEE ELECTRONIC DEVICES, Vol. ED-32, No.2, p.224(Feb. 1985)

328600811

## EEPROM On-chip Single-chip Microcomputer

Kiyoshi Matsubara

Tamotsu Arai

Toshimasa Kihara

With expansion of applications of single-chip microcomputers, there has been increasing demand for nonvolatile storage of data, optimum control coping with variation in characteristics of equipment, on-board program modification, and the like. To cope with such demand, we developed 8-bit single-chip microcomputers HD65901 and HD40122 incorporating electrically writable and erasable EEPROMs.

The two products have been designed by using the 2  $\mu$ m CMOS processing technique, MNOS-type EEPROM circuit technique, and modularization design method oriented toward VLSIs. The HD65901 and the HD40122 are application-oriented single-chip microcomputers, the former being most suitable for applications to storing nonvolatile data, including IC cards and data banks, and the latter for applications to controlling, including VTR tuners and automobiles.

### 1. General

A single-chip microcomputer has a CPU (central processing unit), ROM (read only memory), RAM (random access memory), such peripheral functions as timer, input/

output ports that are integrated on one LSI. This has made it possible to produce a compact and low-priced system, and the range of its applications has expanded remarkably. As for built-in memories of single-chip microcomputers, masked ROMs have hitherto been the mainstay for use in programs, and RAMs for use in data. Meanwhile, users have come to hold a strong desire to write programs by themselves with a view to reducing periods of product development, so that single-chip microcomputers incorporating EPROMs (erasable and programmable ROMs) as program memories tend to increase. In addition, there has recently emerged need for nonvolatile data memories and on-board programming. Conventional microcomputers incorporating volatile RAMs cannot cope with this need. Moreover, since the EPROM incorporating type requires a high voltage at the time of writing, and since ultraviolet rays are used for erasing, this type is not suitable for rewriting in an operational state. The only one which is capable of meeting this need is a microcomputer incorporating an EEPROM (electrically erasable and programmable ROM).

This article states the fields of application of EEPROM on-chip single-chip microcomputers, their product series and design techniques.

## 2. Fields of Application of EEPROM On-chip

### Microcomputers

Because its data are nonvolatile and writing and erasing can be effected electrically, the EEPROM is characterized in that on-board writing is possible and that a backup battery is unnecessary (see Fig. 1).

Because of these characteristics, the fields of application of EEPROM on-chip microcomputers can be largely classified into the following three types:

#### (1) Storage of Nonvolatile Data

This is an application for storing data, one for which it is necessary to store data of several kilobytes. Typical examples are IC cards and data banks.

#### (2) Correction and Optimum Control of Equipment Characteristics

More frequently, machines and electronic equipment have come to employ microcomputers to control them. Meanwhile, many machines and equipment need to be adjusted at the time of their completion owing to errors in component parts employed. This adjustment has hitherto been conducted by switches or variable resistors. However, it becomes possible to carry out this adjustment in accordance with the pure electronic system by having optimum control conditions stored in

EEPROMs. Furthermore, in controlling measuring equipment and precision machines, correction for coping with changes with time becomes necessary. It is a major characteristic of EEPROM on-chip microcomputers that, by allowing microcomputers themselves to rewrite control data in incorporated EEPROMs, automatic calibration (a kind of learning function) for coping with these changes with time becomes possible.

### (3) On-board Program Rewriting

This is an application in which an EEPROM is used as a program memory, and remote control of machine tools and measuring machines and equipment can be cited as an example. In this case, a necessary program is supplied from a central control unit to each machine and equipment, and, at that point of time, it is possible for the machines and equipment to carry out optimum operations. Thus, EEPROM on-chip microcomputers permit a more flexible system design than that of ZTAT (zero turn around time) microcomputers.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**